

## **Manfaat Pemakaian LNG Sebagai Bahan Bakar Utama Mesin Kapal** *Benefits of Use LNG as Material Main Engine Fuel Ship*

**Y. Siahaya**

Dosen Pasca Sarjana Bidang Konversi Energi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Makassar  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar  
e-mail : yusufsiahaya@yahoo.com

Naskah diterima 01 Juli 2014, direvisi 14 Juli 2014, disetujui 29 Agustus 2014

### **ABSTRAK**

Tantangan utama yang akan dihadapi oleh bangsa Indonesia pada masa akan datang ialah semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak, bila tidak didapatkan cadangan bahan bakar minyak yang baru maka dalam waktu 15 tahun Indonesia kehabisan bahan bakar minyak. Akhir-akhir ini Indonesia telah menjadi importir utama bahan bakar minyak, sementara itu Indonesia memiliki cadangan gas alam yang besar. Gas alam Indonesia mempunyai kemampuan menggantikan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Gas alam (kandungan utamanya methane, CH<sub>4</sub>) yang dapat dikonversi menjadi bentuk *Liquid Natural Gas* (LNG) agar mudah disimpan dan diangkut. Pemakaian LNG sebagai bahan bakar utama mesin kapal, mempunyai kaitan dengan manfaat dari pengurangan emisi dan harga yang lebih murah. Teknologi ini dikenal dengan nama dual-fuel engine, dengan dua system bahan bakar yaitu LNG dan solar. Manfaat yang dapat diperoleh bila LNG sebagai bahan bakar utama kapal, pemakaian bahan bakar lebih flexibel, efisiensi yang lebih tinggi, emisinya rendah dan biaya operasionalnya lebih menguntungkan, dapat mereduksi 25-30% CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> dan partikel padat dapat direduksi sampai 100 %, dan NO<sub>x</sub> dapat direduksi sampai 90 %. Makalah ini akan membahas peran LNG sebagai bahan bakar *dual-fuel engine* untuk mesin kapal di Indonesia.

Kata kunci : LNG, BBM, Propulsi dan Emisi

### **ABSTRACT**

*In the future Indonesia will be faced the main challenger, this is diminishing of oil fuel and it is projected that without new exploration, oil will be exhausted in the next 15 years. Indonesia has become a net oil import in the early 21th century. Meanwhile Indonesia has great reserves of Natural Gas (NG). Natural Gas has the potential to reduce dependence on other fossil fuel. The usage of LNG as a fuel (dua-fuel engine) is associated with environmental benefits and low cost compared to any oil system. The technology of dual-fuel engine is fueled by either MDO or HFO and LNG. Benefits of dual fuel engines include fuel and operational flexibility, high efficiency, low emissions and operational cost advantages. The emission can be reduced 25 % of CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> and particulated matter can be reduced to 100 % and NO<sub>x</sub> can be reduced to 90 %. This paper will discuss the role of LNG development as fuel (dual-fuel) for propulsion merchant ship in Indonesia.*

*Key word : LNG, Fuel Oil, Propulsion and Emission.*

## PENDAHULUAN

Sesuai dengan visi-misi Jokowi-JK bila terpilih menjadi presiden nanti maka akan mengalihkan 30 persen transportasi dari yang berbasis BBM ke berbasis gas. Pada saat pelantikan sebagai Presiden 20 Oktober 2014, kembali Jokowi menyampaikan betapa pentingnya kita kembali menjadi Negara Maritim, ditekankan samudra, laut, selat dan teluk adalah masa depan Indonesia. Untuk mendukung terwujudnya kejayaan maritim nasional maka pemerintah yang terpilih harus banyak membangun infrastruktur dan sarana transportasi kelautan.

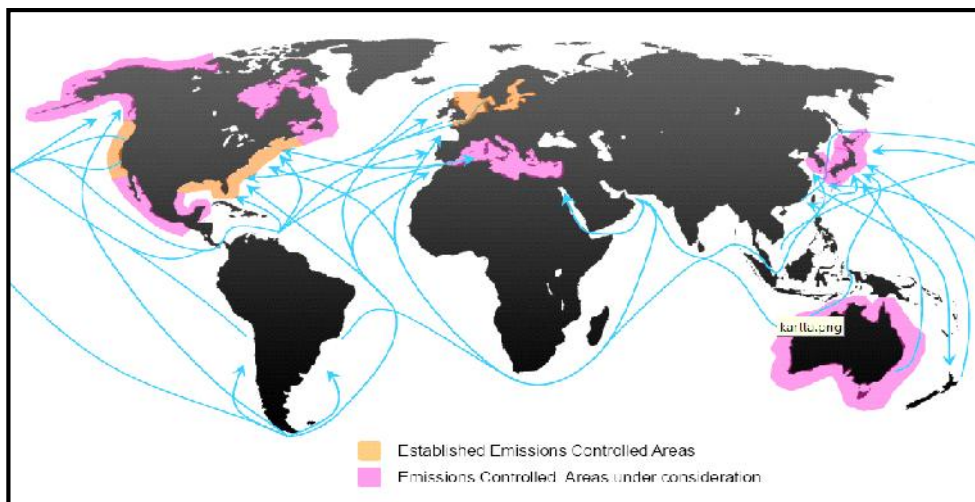
Gagasan mengenai poros maritim dan tol laut yang lahir pada debat calon presiden 5 Juli 2014 yang disampaikan oleh Jokowi, pemerintah menekankan kembali bahwa Indonesia memiliki identitas bangsa sebagai sesuatu kekuatan maritim. Walaupun Indonesia diberikan kodrat sebagai negara maritim, akan tetapi bidang maritim kurang mendapat perhatian sehingga sangat jauh ketinggalan. Salah satu hal yang perlu mendapat perhatian pemerintah menyangkut transportasi laut ialah bagaimana mengatasi tingginya biaya transportasi laut, terutama menyangkut biaya bahan bakar. PT.(Persero) Pelni mengeluarkan biaya BBM untuk kapal-kapal Pelni sekitar 60-70 persen dari biaya operasionalnya.

Biaya bahan bakar solar yang dikeluarkan PT.(Persero) Pelni untuk armada kapalnya setiap tahun sekitar Rp 1,4 triliun (Kompas, 12 April 2014). Tidak mudah bagi PT.(Persero) Pelni menurunkan harga tiket tanpa adanya keseimbangan antara biaya operasional dengan pendapatan. Bahan bakar utama mesin kapal saat ini hampir digunakan di seluruh dunia ialah *Heavy Fuel Oil* (HFO) dan *Marine Diesel Oil* (MDO). Untuk bahan bakar HFO, bahan bakar

(IMO), bahan bakar HFO dilarang pemakaiannya, karena emisinya. Demikian juga dengan bahan bakar MDO, walaupun bahan bakar ini emisinya lebih rendah dari HFO akan tetapi bahan bakar ini akan dilarang pemakaiannya setelah tahun 2020, yaitu didaerah yang masuk wilayah *Emission Control Area* (ECA) (Mohn, 2010).[5]. gambar 1, dibawah ini memperlihatkan wilayah ECA, yaitu pembatasan pemakaian HFO dan MDO pada masa akan datang.

Khusus untuk Indonesia belum adanya pembatasan penggunaan HFO dan MDO tetapi lebih menekankan bagaimana menekan biaya operasional kapal, sehingga gagasan poros maritim dan tol laut dapat dicapai. Walaupun demikian sudah selayaknya memperhatikan ketentuan IMO, yaitu pelarangan pemakaian HFO dan MDO pada masa akan datang. Oleh karena itu industry maritim di Indonesia perlu memperhatikan bagaimana cara agar biaya operasional kapal dapat diturunkan dan pengurangan emisi. Sudah saatnya dipikirkan bahan bakar yang dapat menggantikan peran bahan bakar HFO dan MDO pada masa akan datang. Bahan bakar harus murah harganya dengan emisi rendah.

Oleh karena itu yang dapat menggantikan peran BBM pada masa akan datang ialah LNG. Bahan bakar LNG (*liquefied natural gas*). Kandungan utama LNG ialah *Methane* (CH<sub>4</sub>), dikonversi dari Gas Alam menjadi bahan baka cair supaya mudah diangkut. Tetapi untuk pemakaiannya LNG harus dirubah kembali menjadi gas. Pilihan LNG sebagai bahan bakar utama di kapal-kapal laut akan datang karena harganya lebih murah dan ramah lingkungan. Dengan harga solar sekitar Rp.5.500 perliter dan di bandingkan harga LNG setara satu liter bensin hanya Rp. 3.500. Bila harga solar dan LNG dinaikkan, harga



Gambar 1. Wilayah ECA menentukan batas pemakaian HFO dan MDO sampai tahun 2020. Mohn (2010)

ini merupakan residu dan mengandung banyak sulfur, nitrogen dan partikel padat. Bila mengikuti ketentuan *International Maritime Organization*

LNG tetap akan lebih murah. Disamping itu Indonesia produsen LNG terbesar ke dua didunia. Dengan pertimbangan diatas maka perkiraannya ialah

perusahaan kapal akan beralih dari solar ke LNG.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini ialah: Pemahaman prinsip kerja Dua-Fuel (DF) engine, yaitu mesin diesel dapat menggunakan LNG dan juga solar bergatian. Bila menggunakan bahan bakar LNG, mesin diesel bekerja dengan prinsip Siklus Otto. Bila menggunakan solar maka mesin diesel bekerja dengan prinsip Siklus Diesel. Kajian analisis pemakaian LNG sebagai bahan bakar kapal, penghematan biaya, lebih ramah lingkungan. Dipilih tiga route pelayaran untuk menghitung besarnya penghematan biaya, yaitu route Ambon–Masohi dengan kapal Ro-Ro Temi (500 GRT), route Makassar-Bau Bau dengan KM. Nggapulu, dan kapal Ciremai route Jakarta-Surabaya. Kajian analisis menyangkut, pengurangan emisi gas buang bila menggunakan LNG.

## METODE

### Mesin Dual-Fuel (DF)

Teknologi mesin kapal dual-fuel engine (DF) sudah diproduksi oleh Wartsila. Finlandia, Jacob, MP (2012), [6]. Mesin ini adalah mesin diesel, bekerja dengan dua jenis bahan bakar yaitu gas dan solar (MDO, HFO), mesin ini dikenal dengan nama Dual-Fuel Engine (DF), [1]. Diberi nama *Dual-Fuel engine* karena mesin dapat bekerja Prinsip kerja dari mesin ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Gas Mode* : Prinsip kerja Gas Mode seperti diperlihatkan pada gambar 2, dan gambar 3. Bila mesin dijalankan dengan gas maka mesin Diesel akan bekerja mengikuti prinsip kerja motor bensin. Dengan demikian prinsip kerjanya mengikuti siklus Otto. Untuk langkah isap maka yang masuk kedalam silinder seperti pada gambar adalah gas dan udara. Pada saat itu suplai bahan bakar MDO atau HFO secara otomatis tertutup. Untuk langkah kompresi yang terkompresi ialah campuran bahan bakar gas dengan udara. Pada akhir langkah kompresi untuk menyalakan campuran udara dan bahan bakar gas yang telah bertekanan tinggi dan juga temperaturnya telah tinggi, digunakan pilot diesel fuel, yang akan menyemprotkan solar dalam jumlah yang kecil kira kira 1 % dari jumlah maksimum pemakaian bahan bakar solar bila bekerja menurut prinsip kerja Siklus Diesel. Semprotan bahan bakar solar dari pilot diesel fuel yang terdapat dalam nosel mesin diesel akan memicu terbakarnya campuran bahan bakar gas dengan udara yang sudah terkompresi (*ignition by pilot diesel fuel*). Pilot *diesel fuel* ini sebagai pengganti busi pada motor bensin. Mesin Diesel

bekerja dengan prinsip siklus Otto bila kapal sudah berlayar. Tekanan gas masuk ke silinder sekitar 5 bar. Jadi dalam nosel terdapat dua saluran bahan bakar solar, satu berfungsi sebagai pilot *diesel fuel* dan saluran yang satu adalah saluran bahan bakar solar bila mesin bekerja menurut siklus diesel.

2. *Diesel mode* : Prinsip kerja Diesel Mode dapat dilihat pada gambar 4, dan gambar 5. Bila mesin bekerja dengan prinsip kerja siklus diesel, maka saluran gas dan juga pilot diesel fuel akan tertutup. Maka mesin diesel akan bekerja mengikuti prinsip kerja siklus diesel.

*Dual – fuel vessel* konsep dapat dilihat pada gambar 6. Konsep yang diperlihatkan dalam gambar ini, bila kapal berlaya diluar daerah *Emission Control Area* (ECA) seperti pada gambar 1, maka bahan bakar HFO masih digunakan, gambar 7 memperlihatkan konsep kapal yang diizinkan berlayar di daerah *Emission Control Area* (ECA) maka, pemakaian HFO dilarang, oleh sebab itu kapal hanya dapat menggunakan MDO dan gas.

Untuk memahami manfaat penggunaan LNG sebagai bahan bakar utama mesin kapal, maka beberapa studi telah dilakukan di UNHAS. Pertama sebagai pemakalah pada seminar *Internasional Maritime Teknologi* (MARTEC9) di Kuala Trenggano, Agus Budihartono et al (2012), [1]. Selain itu ada tiga studi kajian analisis menyangkut pemakaian LNG sebagai bahan bakar utama mesin kapal, dengan konsep *Dual Fuel Engine*. Diasumsikan bahwa mesin diesel dapat dimodifikasi system bahan bakarnya sehingga bisa menggunakan bahan bakar LNG, maka prinsip kerjanya mengikuti proses *Dual - Fuel (DF) Engine*. Studi Penggunaan LNG Sebagai Bahan Bakar (*Dual-Fuel*) Kapal Ferry (Ro-Ro) KMP Temi (500 GRT), route berlayar Ambon – Namlea. Yolanda J.L. Lewerissa, (2013), [8]. Program Pasca Sarjana Unhas, Program Studi Teknik Mesin. Studi Penggunaan LNG sebagai bahan bakar (*Dual-Fuel*) pada mesin penggerak KM. Nggapulu, route pelayaran Makassar – Bau Bau. Heny Pasanadan Nari, (2013), [2] Pasca Sarjana Unhas, Program Studi Teknik Mesin. Studi Literatur Penggunaan bahan bakar MDO dan LNG (*Dual-Fuel*), untuk mendukung transportasi ramah lingkungan. Kapal Motor Ciremai, route Jakarta–Surabaya. Mochamad Furgon Rochiyana (2014) [7]. Program Pasca Sarjana Unhas, Program Studi Teknik Transportasi.

Survei Data : Data operasional kapal Ferry (Ro-Ro) KMP Temi (500GRT): Jarak tempuh Ambon – Namlea adalah 85 mil, lama tempuh 9 jam; Mesin digunakan 2, masing – masing dengan daya 810 kW;

Putaran rata rata mesin 1700 rpm; Sekali pengisian bahan bakar 10,000 liter; Kecepatan rata rata mesin 10 knot ; Motor bantu 2 generator dengan daya masing-masing 85. Data operasional kapal KM.Nggapulu: Jarak tempuh Makassar-Baubau 13.6 jam; Daya mesin 8520 kW; Putaran mesin 428 rpm; Mesin bantu 882 kW/750 rpm. Data operasional kapal KM. Ciremai: Jarak tempuh Jakarta-Surabaya 25.15; Daya mesin 12682 kW, ada dua mesin induk. Persamaan yang digunakan dalam ke tiga kajian ini ialah : Beberapa perhitungan untuk kajian ini secara ringkas Pemakaian bahan bakar spesifik efektif, konsumsi bahan bakar baik solar maupun gas, efisiensi, biaya bahan dalam satu route, dan prosentase penghematan biaya bila menggunakan LNG.; Dengan menggunakan LNG maka emisi gas buangnya lebih ramah lingkungan. Persamaan, Hendrik Anderson (2010), [3].

$$\text{Emission X} = \sum (\text{installed effect}) \text{ MCR\%} \cdot \text{sea time} \cdot \text{emission factor X}$$

Emission factor :	SO <sub>x</sub> (g/kWh),	Solar = 9.47,	LNG = 0
	NO <sub>x</sub> (g/kWh),	Solar = 15.0,	LNG = 2
	PM (g/kWh),	Solar = 1.25,	LNG = 0
	CO <sub>2</sub> (g/kWh),	Solar = 650	LNG = 450

## HASIL DAN PEMBAHASAN

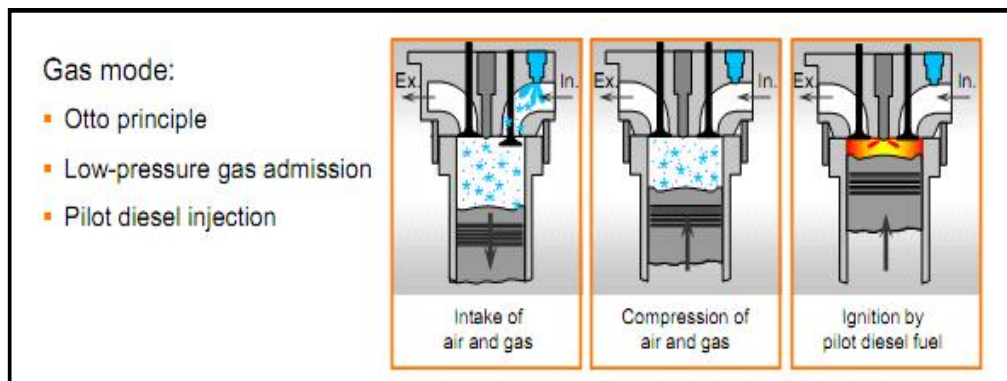
Pembahasan kajian 1. Hasil perhitungan Kapak Ferry (Ro-Ro) KMP Temi, Route Namlea– Ambon, sebagai berikut. Jumlah bahan bakar solar yang digunakan 43,582 l/h sedangkan LNG yang digunakan 85,400 m<sup>3</sup>/h untuk mesin penggerak utama. Pemakaian bahan bakar solar untuk mesin bantu 6,108 l/h, sedangkan LNG 11,900 m<sup>3</sup>/h. Jumlah bahan bakar solar yang digunakan selama pelayaran 1 jam keluar pelabuhan Namlea Pulau Buru dan satu jam masuk pelabuhan Ambon sebanyak 175,328 liter solar. Untuk jarak pelayaran 85 mil ditempuh 9 jam, maka gas digunakan untuk pelayaran lamaya 7 jam. Dengan demikian jumlah gas yang digunakan selama pelayaran 7 jam adalah 1195.6 m<sup>3</sup>. Untuk 2 mesin bantu jumlah bahan bakar solar yang digunakan 24,432l. Untuk pemakaian gas mesin bantu 166,6 m<sup>3</sup>. Total bahan bakar solar yang digunakan untuk satu

kali pelayaran, dengan mesin induk dan mesin bantu sebanyak 199,760 l. Total gas yang digunakan untuk mesin induk dan bantu untuk pelayaran 7 jam adalah 1362 m<sup>3</sup>.

Setara dengan 2,27 m<sup>3</sup> sama dengan 2270 liter LNG. Harga LNG sama dengan Rp3500/l, Jadi total harga LNG RP 7,945,000. Harga solar satu liter Rp 5500/l, total harga solar Rp 1,098,680. Total biaya bahan bakar dalam satu kali jarak tempuh sebesar Rp 9,043,680. Bila dibandingkan dengan bahan bakar HFO untuk satu kali jarak tempuh adalah 3340,876 l dengan harga Rp 5500 /l maka total biaya HFO sama dengan Rp 18,374,796. Jelas kapal yang menggunakan bahan bakar LNG lebih murah biaya operasionalnya dibandingkan bahan bakar HFO. Penggunaan LNG lebih murah karena selisih biaya solar dengan LNG sebesar Rp. 9,331,116, selisih sekitar 35 %. Sama halnya kajian Heny P.Nari dengan Mochamad Furqon Rochyana, menunjukkan bawa penggunaan LNG lebih menguntungkan dibanding menggunakan solar (HFO dan MDO). Untuk mengatasi hal ini di Indonesia, tidak perlu mengganti mesin kapal dengan yang baru, tetapi cukup melakukan modifikasi sistem bahan bakar mesin

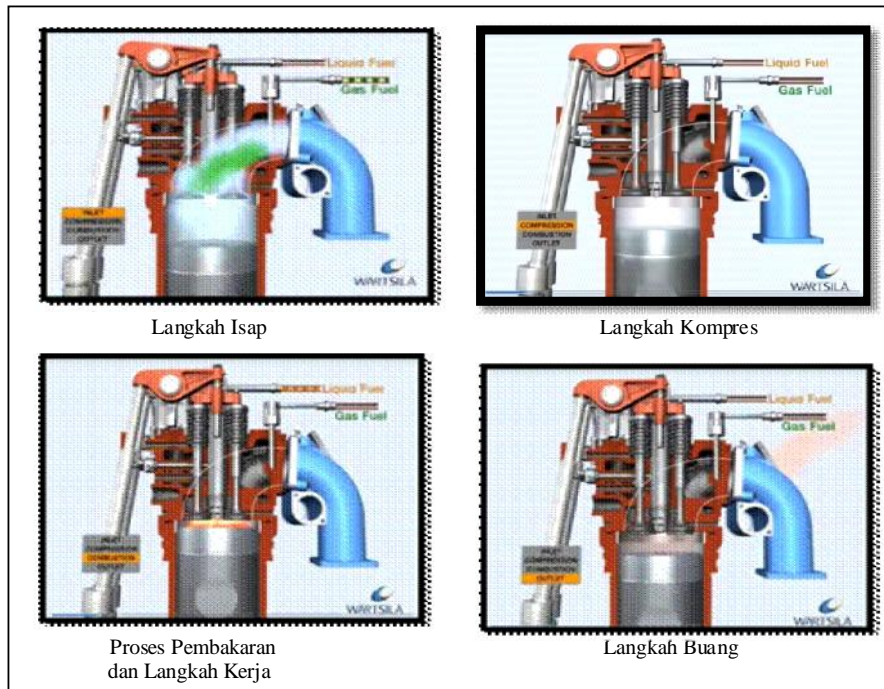
Pembahasan kajian 2, mengenai emisi; Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Hendrik Anderson (2010), didapatkan, untuk route pelayaran KM. Ciremai Jakarta – Surabaya, Perbandingan 80 % LNG dan 20% solar didapatkan : CO<sub>2</sub> (g/kWh) : Solar = 572, LNG = 483, SO<sub>x</sub>(g/kWh) : Solar = 11.67, LNG=0, *particulate matter* PM (g/kWh) : Solar = 0.34, LNG = 0, dan NO<sub>x</sub> (g/kWh) : Solar = 14.6, LNG = 1.56.

Untuk kapal KM.Temi route Ambon – Namlea, dan KM. Nggapulu route Makassar-Bau Bau, analisis emisinya mendekati kajian KM.Ciremai. Dari kajian emisi ini menunjukkan bahwa penggunaan LNG sebagai bahan bakar utama mesin kapal, lebih ramah lingkungan dan sesuai dengan persyaratan IMO.

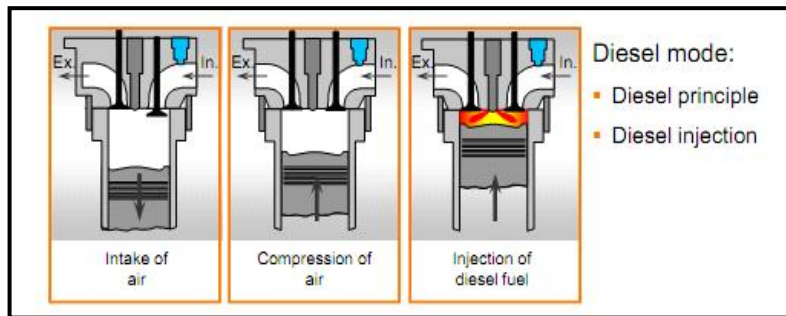


Gambar 2. Gas Mode mesin diesel bekerja dengan prinsip Siklus Otto, Jacop,MP (2012)

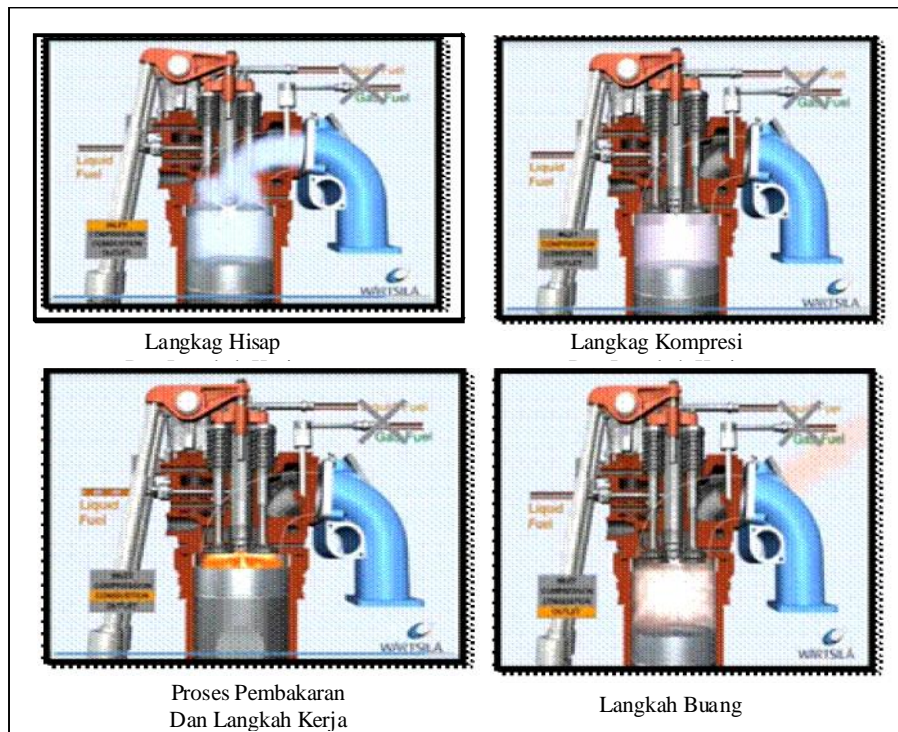




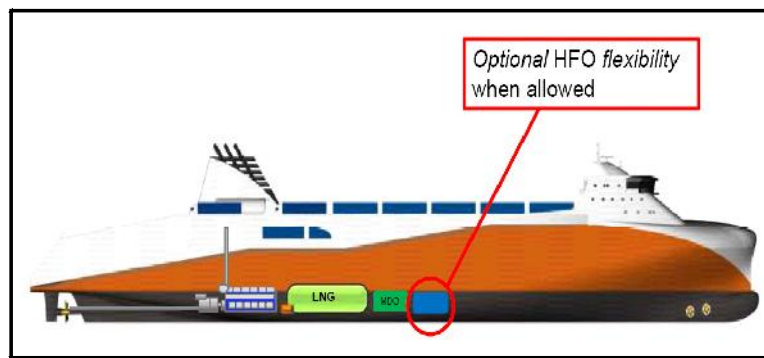
Gambar 3. Prinsip kerja Gas – Mode Thijssen, B.(2006)



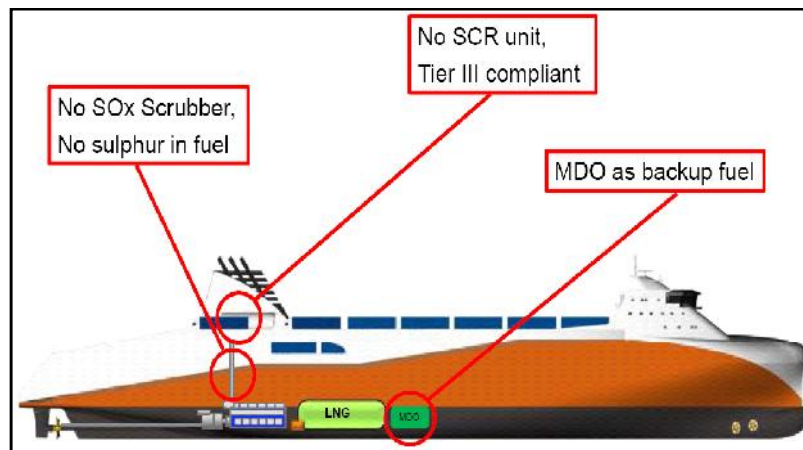
Gambar 4. Diesel mode mesin diesel bekerja dengan prinsip Siklus Diesel, Jacop, MP, (2012).



Gambar 5. Prinsip kerja Diesel-Mode, Thijssen, B.(2006)



Gambar 6. Konsep kapal yang berlayar diluar daerah ECA, masih dapat menggunakan HFO, Henry, J.M (2012)



Gambar 7. Konsep kapal yang berlayar ECA, pemakaian HFO dilarang. Henry, J.M (2012)

## KESIMPULAN

Kesimpulan hasil kajian penggunaan LNG sebagai bahan bakar utama kapal: Lebih murah menggunakan LNG dibandingkan solar, selisih biaya oprasionalnya kapal bisa mencapai 20 %; Menggunakan LNG lebih ramah lingkungan, dan memenuhi syarat

Dari kesimpulan tersebut dapat disarankan sebagai berikut: Sebaiknya kajian mengenai pemakaian LNG untuk mesin kapal dapat segera dilaksanakan di Kementerian Perhubungan; Usulan kepemerintah yang baru agar gagasan poros maritime dan tol laut dapat segera diwujudkan, dengan membangun stasiun pengisian bahan bakar gas di setiap pelabuhan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perhubungan Laut, tim redaksi dan instansi terkait yang telah memberikan data yang diperlukan guna penyelesaian penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Agus Budi Hartono, Yusuf Siahaya, Abdul Basir, HenyP.Nari, The Use Of Liquefied Natural Gas (LNG) As Fuel (Dual-Fuel) For Propulsion Merchant Ship, International Conference on Marine Technology, Kuala Trenggano, 20-22 October 2012, Malaysia;

[2] Henny P.Nari, Yusuf Siahaya, Effendy Arief, Studi Penggunaan Liquefied Natural Gas (LNG) Sebagai Bahan Bakar (Dual-Fuel) Pada Mesin Penggerak KM.Nggapulu, Pasca Sarjana Unhas, Program Studi Teknik Mesin, Tahun 2013, Makassar;

[3] Henrik Anderson, Kasper Winroth, Potential and Conditions for LNG Fueled Short Sea Shipping In East Asia, Chalmers University of chnology Goteborg, Sweden, 2010, Report No. X- 10/245. Swedia;

[4] Henry, J.M, Retrofit Moteur Diesel Wartsila Dual-Fuel, Wartsila France, Tahun 2012. Francis;

[5] Mohn, Emission Control Area (ECA), DNV Mail 2010-03-01 Hamburg, Wartsila Finland, Tahun 2006. Finlandia;

[6] Jacobs, M.P, Businnes Development Manager, Wartsila Nort America, Inc. Halvor. Wartsila, Tahun 2012. USA;

[7] Mochamad Furqon ,R, Yamin Jinca, Yusuf Siahaya, Analisis Teoritis Penggunaan Bahan Bakar Gas Alam Cair Pada KM.Ciremai Untuk Mendukung Transportasi Ramah Lingkungan, Pasca Sarjana UNHAS Program Studi Teknik Transportasi, Tahun 2014, Makassar;

[8] Yolanda, L, Lewerissa, Yusuf Siahaya, Effendy Arif, Studi Pengunaan LNG Sebagai Bahan Bakar Utama Mesin Kapal Ferry (Ro-Ro) KM.Temi. Pasca Sarjana UNHAS, Program Studi Teknik Mesin, Tahun 2013, Makassar;

